

УДК 621.9.06

doi:10.20998/2413-4295.2018.16.03

## ОСНОВНІ ОСОБЛИВОСТІ ОПТИМІЗАЦІЇ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ РОЗМІРІВ КООРДИНОВАНИХ ОТВОРІВ ПРИ РІЗНИХ ВИДАХ ОБРОБКИ

**В. М. БУРДЕЙНА, С. М. АРТЮХ**

кафедра Охорони праці, стандартизації та сертифікації, УІПА, Харків, УКРАЇНА

**АНОТАЦІЯ** Визначена функціональна залежність розмірів полів розсіювання від бази і позиційних відхилень осей з урахуванням питомих факторів. Розглянуто запропоновані залежності для визначення полів розсіювання розміру від бази і позиційного відхилення при обробці отворів в системах без спрямування ріжучого інструменту. Розглянуті статистичні характеристики розподілу процесу обробки отворів свердлінням в системах без спрямування від базової поверхні до осі отвору і розташування осей отворів. Запропоновані нормативні данні для розробки проекту стандарту забезпечення якості взаємозамінності розмірів координованих отворів.

**Ключові слова:** відхилення; характеристика; координовані отвори; взаємозамінність; фактор; ріжучий інструмент.

## THE MAIN FEATURES OF OPTIMIZING THE SIZES OF COORDINATED HOLES FOR DIFFERENT TYPES OF PROCESSING

**V. BURDEINA, S. ARTYUH**

Department of labor protection, standardization and certification, UIPA, Kharkov, UKRAINE

**ABSTRACT** The functional dependence of the size of the scattering fields on the basis and the positional deviations of the axes, taking into account the specific factors, is determined. The proposed dependences are considered for determining the fields of dispersion of size from the base and the positional deviation in the processing of openings in systems without the direction of the cutting tool. The statistical characteristics of the distribution of the process of hole drilling in systems without reference from the base surface to the axis of the opening and the location of the axes of the holes are considered. Proposed regulatory data for the development of a draft standard for quality assurance of interchangeability of the sizes of coordinated holes. For the visibility of the quality of ensuring the accuracy of coordinated holes, using the proposed dependencies, graphs of the change of scattering fields are constructed, taking into account the dependence on the elements of the instrument's tooling. The fields of dispersion of small diameter aperture processing are presented taking into account such factors as the diameters of the cutting tool, the length of the tool departure and for different hardness of the material in the form of tables to fully reflect the quality of the normative provision of production at the design stage. The tables with the reference material have been constructed to ensure the quality of the interchangeability of the coordinated holes and the main design standard. The change in diameters does not lead to a significant increase in stray field.

**Keywords:** deviation; characteristic; coordinated holes; interchangeability; factor; tool

### Вступ

На сучасному етапі розвитку машинобудування показники якості виробів тісно пов'язані з точністю обробки деталей, оскільки отримані розміри, форма і розташування елементарних поверхонь визначають фактичні зазори і натяг в з'єднаннях, а, отже, не тільки технічні параметри, а й такі характеристики як надійність і довговічність.

Визначення загальної похибки обробки машинобудівних деталей, показала, що вона обумовлена дією великого числа факторів технологічного процесу, що проявляється у вигляді певної кількості відхилень параметрів деталей від допустимих величин, які можуть бути спостережувані на окремих проміжках процесу.

Дослідженнями, виконаними для багатопозиційних верстатів [1], було встановлено, що точність координованих розмірів між робочою отворами з урахуванням позиційного відхилення їх осей забезпечується не завжди. Крім того, іншими

дослідниками [2-4] констатується, що, незважаючи на значний досвід, накопичений в результаті досліджень технологічних процесів автоматизованого виробництва, питання технологічного забезпечення, якості їх роботи вивчені ще не в повній мірі. Відсутня також у проектувальників нормативно - технічна документація, що встановлює взаємозв'язок між точносних характеристиками оброблюваних заготовок і точносних параметрами елементів оснащення верстатів, які забезпечують ці характеристики [5-6]. Тому з підвищенням вимог до точності координат і позиційних допусків осей отворів в оброблюваних заготовках виникає необхідність вже на стадії проектування металорізального обладнання обґрунтовано застосовувати різні конструкції багатошпиндельних насадок (коробок), кондукторів та пристроїв [7-8]. Особливу значущість проблема науково обґрунтованої регламентації точносних параметрів елементів технологічного оснащення набуває при створенні переналаджуваної обладнання, оскільки,

в основному, в точностних параметрах технологічного оснащення трансформуються похибки всієї технологічної системи [9].

### Мета роботи

Визначення особливостей проведення планування експерименту для пошуку оптимальних умов при виготовленні отворів з використанням різних матеріалів. Визначення та аналіз залежностей для практичних полів розсіювання розмірів від бази і позиційних відхилень осей координованих розмірів отворів при різних видах обробки.

### Оптимізація координованих розмірів отворів.

Як зазначалось раніше при різних видах обробки для проведення повного факторного експерименту прийняті основні фактори [10-11], що впливають на точність координованих розмірів:  $d_n$  - діаметр оброблюваного отвору, мм; HB - твердість оброблюваного матеріалу, МПа;  $\ell_i$  - виліт інструменту за торець шпинделя, мм.

Точність обробки оцінювалася полями розсіювання розмірів від бази ( $\omega_b$ ) і позиційних відхилень осей отворів ( $\omega_o$ ).

Для простоти дослідження у загальному вигляді була прийнята наступна функціональна залежність для визначення практичних полів розсіювання розмірів від бази і позиційних відхилень:

$$\omega_{b,o} = f(d_n, HB, \ell_n) \quad (1)$$

Під час проведення експерименту оброблялися заготовки зі сталі 45, СЧ 15 і алюмінієвого сплаву Ал 9, ріжучим інструментом служили свердла  $\varnothing 1$  мм,  $\varnothing 2$  мм і  $\varnothing 3$  мм короткої та середньої серії довжин. Товщина заготовки (в при дослідженнях будемо мати на увазі - довжину оброблюваного отвору) приймалася такою, що б виконувалася умова  $\ell \setminus d > 3$  (де  $\ell$  і  $d$  відповідно довжина і діаметр отвору). Результати вимірювань позиційних відхилень приводились відповідно до базової довжини  $\ell = 10$  мм. Обсяг випробувань приймався рівним  $N = 50$  шт у кожній точці плану експерименту типу  $2^3$ . Для оцінки достовірності та адекватності отриманих математичних залежностей була проведена додаткова серія дослідів ( $n_o = 3$ ) в нульовій точці плану експерименту (обробка заготовок з сірого чавуну СЧ15).

Після свердління заготовок і вимірювань координованих розмірів за спеціально розробленою методикою були розраховані статистичні характеристики розподілів:

$\bar{x}$  - середнє арифметичне відхилення досліджуваного фактора;  
 $\sigma$  - середньоквадратичне відхилення;  
 $\omega$  - розмах;

$\lambda$  і  $\alpha$  - відповідно коефіцієнт відносного розсіювання і коефіцієнт відносної асиметрії.

Оцінка узгодження експериментальних даних з теоретичними по кожному з 11 дослідів проводилася шляхом обчислення критеріїв Колмогорова і Пірсона [12-14]. Перевірка гіпотези однорідності дисперсій практичних полів розсіювання в кожній точці плану експерименту проводилася за критерієм Кохрена [3]. В якості незалежних змінних  $x_i$  ( $i = 1, 2, 3$ ) були прийняті логарифми  $d_n$ , HB,  $\ell_n$ .

Рівні та інтервали зміни даних змінних факторів приведені в табл.1.

Таблиця 1 – Область зміни незалежних факторів під час свердління отворів силовий головкою без направлення ріжучого інструменту

Рівень варіювання	Незалежні фактори і їх алгоритми					
	Діаметр інструменту		Твердість оброблюваного матеріалу		Виліт ріжучого інструменту	
	$\bar{x}_1$	$x_1$	$\bar{x}_2$	$x_2$	$\bar{x}_3$	$x_3$
	$d_n$ , мм	$\lg d_n$	HB, МПа	$\lg HB$	$\ell_n$ , мм	$\lg \ell_n$
Верхній (+1)	3,0	0,4771	1930	3,2856	30	1,4771
Нульовий (0)	2,0	0,301	1240	3,0934	23	1,3617
Нижній (-1)	1,0	0	550	2,7404	16	1,2041
Інтервал варіювання	-	0,2386	-	0,2726	-	0,1365

За результатами експерименту розраховано коефіцієнти регресії і отримані вихідні математичні моделі полів розсіювання розмірів від бази і позиційних відхилень.

В результаті статистичного аналізу отриманих рівнянь встановлено, що гіпотезу про адекватність представлення результатів дослідження точності обробки заготовок без направлення ріжучого інструменту можна вважати правильною тому перевірки за критерієм Фішера (F) і критерієм Стюдента (t) показали, що значення цих критеріїв менше табличних (табл.2) [15].

Після перетворення кодових значень [2-4] рівнянь в логарифмічні і після потенціювання отримані залежності для практичних полів розсіювання розмірів від бази:

$$\omega_b = 19,6 \frac{HB^{0,36} \cdot \ell_n^{0,46}}{d_n^{0,451 \lg HB - 1,289}} \quad (2)$$

і позиційних відхилень осей отворів

$$\omega_o = 0,863 \frac{HB^{1,06} \cdot \rho_n^{0,72}}{d_n^{0,9 \lg HB - 2,63}} \quad (3)$$

Таблиця 2 – Параметри статистичного аналізу математичних моделей під час свердління отворів без направлення ріжучого інструменту

№ з/п	Параметри статистичного аналізу	Позначення параметра	Значення параметрів для моделей	
			у <sub>в</sub>	у <sub>о</sub>
1.	Дисперсія похибки дослідження	S <sub>оп</sub>	25,9 × 10 <sup>-4</sup>	9,4 × 10 <sup>-4</sup>
2.	Дисперсія похибки визначення коефіцієнтів регресії	S <sup>2</sup> <sub>ві</sub>	3,1 × 10 <sup>-5</sup>	1,2 × 10 <sup>-5</sup>
3.	Довірчий інтервал для коефіцієнтів регресії	Δ <sub>ві</sub>	0,0239	0,034
4.	Дисперсія, яка характеризує неадекватність математичної моделі	S <sup>2</sup> <sub>на</sub>	1,01 × 10 <sup>-3</sup>	2,46 × 10 <sup>-3</sup>
5.	Критерій Фішера (F <sub>табл.</sub> =99,0 при 3% рівні значимості)	F	4,11	26,12
6.	Критерій Стюдента (t <sub>табл.</sub> =9,925 при 1% рівні значимості)	t	9,49	6,626

Для наглядності нормативного забезпечення точності координованих отворів використовуючи залежності (16-17) побудовані графіки зміни полів розсіювання з урахуванням залежності від елементів оснастки в системах без направлення ріжучого інструменту. Як приклад наведений графік на рис. 1.

На етапі проектування для повного відображення якості нормативного забезпечення виробництва в системах без направлення ріжучого інструменту доцільно, використовуючи формули залежностей (2-3), представити поля розсіювання обробки отворів малого діаметру з урахуванням таких факторів як діаметри різального інструменту, довжини вільоту інструменту та для різної твердості матеріалу у вигляді таблиць. Таблиці 3-7 являються довідковим матеріалом для забезпечення взаємозамінності

глибоких координованих отворів та основною для розробки проекту стандарту.

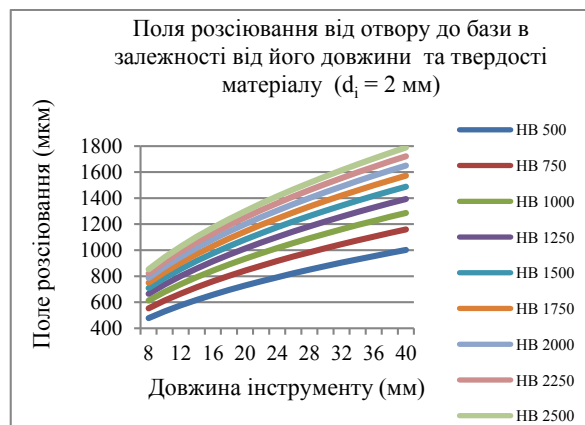


Рис. 1 - Залежності поля розсіювання ω<sub>в</sub> від довжини свердла та твердості матеріалу

Таблиця 3 – Величини полів розсіювання координованих розмірів від отвору до в залежності від його діаметру та твердості матеріалу при глибині отвору l<sub>i</sub> = 12 мм

HB	Діаметр інструменту (отвору)					
	1	1,2	2	2,2	3	3,2
500	576	584	606	611	625	628
750	666	666	664	664	663	663
1000	739	731	708	704	691	688
1250	801	786	745	737	714	709
1500	855	834	776	766	733	726
1750	904	876	803	790	750	742
2000	949	915	828	812	764	755
2250	990	951	850	832	778	767
2500	1028	984	870	851	790	777

Таблиця 4 – Величини полів розсіювання координованих позиційних розмірів в залежності від його довжини та твердості матеріалу (d<sub>i</sub> = 1,6 мм)

HB	Довжина отвору (l <sub>s</sub> мм.)					
	12	14	20	22	30	32
500	1139	1341	1956	2164	3004	3217
750	1415	1666	2429	2687	3731	3994
1000	1650	1943	2833	3134	4351	4658
1250	1859	2188	3192	3530	4902	5248
1500	2049	2412	3518	3892	5403	5785
1750	2225	2619	3820	4226	5867	6281
2000	2390	2813	4103	4538	6301	6746
2250	2545	2996	4369	4833	6710	7184
2500	2692	3169	4622	5113	7098	7600

Таблиця 5 – Величини полів розсіювання координованих позиційних розмірів в залежності від його довжини та твердості матеріалу ( $d_i = 2$  мм)

HB	Довжина отвору ( $l_s$ мм.)					
	12	14	20	22	30	32
500	1185	1395	2034	2250	3124	3344
750	1420	1671	2437	2696	3743	4007
1000	1614	1900	2771	3065	4255	4556
1250	1783	2099	3061	3386	4701	5033
1500	1934	2277	3320	3673	5099	5459
1750	2072	2439	3557	3934	5462	5848
2000	2199	2588	3775	4176	5797	6207
2250	2317	2728	3979	4401	6110	6542
2500	2429	2859	4170	4613	6404	6857

Таблиця 6 – Величини полів розсіювання координованих позиційних розмірів в залежності від його довжини та твердості матеріалу ( $d_i = 3$  мм)

HB	Довжина отвору ( $l_s$ мм.)					
	12	14	20	22	30	32
500	1272	1497	2183	2415	3353	3590
750	1428	1681	2452	2712	3765	4031
1000	1550	1825	2662	2944	4088	4377
1250	1653	1945	2837	3138	4357	4665
1500	1741	2049	2989	3306	4590	4914
1750	1819	2142	3123	3455	4797	5136
2000	1890	2225	3245	3589	4983	5335
2250	1955	2301	3356	3712	5154	5518
2500	2015	2371	3459	3826	5311	5687

Таблиця 7 – Величини полів розсіювання координованих позиційних розмірів без направлення інструменту в залежності від його діаметру та твердості матеріалу ( $l_i = 30$  мм)

HB	Діаметр отвору ( $d_s$ мм.)					
	1	1,2	2	2,2	3	3,2
500	2767	2857	3124	3176	3353	3391
750	3706	3715	3743	3748	3765	3769
1000	4558	4477	4255	4215	4088	4062
1250	5353	5173	4701	4618	4357	4304
1500	6104	5822	5099	4975	4590	4514
1750	6820	6433	5462	5298	4797	4699
2000	7508	7015	5797	5595	4983	4865
2250	8173	7571	6110	5870	5154	5016
2500	8817	8106	6404	6128	5311	5156

## Висновок

Аналізуючи проблему точності розмірів координованих отворів можна зробити висновок, що точність координування розмірів і позиційних відхилень залежить від сумарної геометричної точності елементів технологічної системи верстата, сумарних пружних деформацій та ін.. Дослідженнями встановлено, що розсіювання координованих розмірів підпорядковується нормальному закону розподілу, а позиційних відхилень - закону ексцентриситету або модуля різниці. Результати розрахунку впливу питомої ваги похибок на сумарну геометричну точність показує, що для систем без направлення ріжучого інструменту найбільш істотний вплив роблять похибки пристосувань.

## Список літератури

1. **Іванов, В. В.** К вопросу точности обработки координированных отверстий на агрегатных станках. [Текст] / **В.В.Иванов, Э.А.Пашенко, В.А. Чепела** // 3 сб.: Вест. харьк. политехн. ин-та, Машиностроение, вып. 10. – Х.: Вища школа. – 1979 – № 158. – С. 17-21.
2. **Beckwith, S. W.** Drilling, cutting, machining composite materials and structures [Text] / **S. W. Beckwith** // *BTD composites Inc., Sampe journal.* - 2009. -Vol. 45(2). - P. 49-52.
3. **Gurevich, V.** Electronic Devices on Discrete Components for Industrial and Power Engineering [Text] / **V. Gurevich.** – CRC Press, New York, 2008. – 418 p.
4. **Попов, С. А.** Заточка режущего инструмента / **С. А. Попов.** –М., 2012. –318 с.
5. **Campbell, F. C.** Manufacturing Processes For Advanced Composites [Text] / **F.C. Campbell;** Published by Elsevier Advanced Technology, USA, 2004. -533 p.7.
6. **Cong, W. L.** Rotary ultrasonic machining of carbon fiber reinforced plastic composites: An experimental study on cutting temperature [Text] / **W. L. Cong, Z. Xiatian, T. W. Deines** // *Journal of reinforced plastics and composites.*-2012. -No22. -Т. 31.-Р. 1516-1525.
7. **Ettinger, W. J.** Basis for Determining Manufacturing Tolerances / **W. J. Ettinger, W. Bartky** // *The Machinist.* – 1936. - vol. 80. – № 36. – P. 23-28.
8. **Гугнін, В. П.** Метрологічне забезпечення та перевірка засобів вимірювальної техніки фізичних величин / **В. П. Гугнін, Г. О. Оборський.** – К.: Наука і техніка, 2011. – 220 с.
9. **Лугінін, О. С.** Статистика: Підручник / **О. С. Лугінін.** - К.: Центр учбової літератури, 2007. - 608с.
10. **Пашенко, Е. А.** Исследование факторов, определяющих точность обработки деталей на агрегатных станках ХПО. Отчет о НИР. / **Э. А. Пашенко, В. А. Чепела, Н. В. Латышев.** - УЗПИ // Инв. № 02840041668. – Харьков, 1983. – 90 с.
11. **Арпентьев, Б. М.** Оценка качества сборки соединений по критерию биения / **Б. М. Арпентьев, Н. Ю. Ламнаур** // *Вісник НТУ“ХПІ”.* – Харків:

- НТУ "ХПІ". – 2005. – №9. – С. 48-54. – doi:10.20998/2413-4295.2005.10.09.
12. **Анурьев, В. И.** Справочник конструктора-машиностроителя / **В. И. Анурьев**; под ред. И. Н. Жестковой; 8-е изд., перераб. и доп. Т. 2. – 2001. – 912 с.
  13. **Пашченко, Е. А.** Исследование точности обработки деталей на агрегатных станках с применением различных технологических схем Отчет о НИР. / **Э. А. Пашченко, В. А. Чепела, Н. В. Латышев-УЗПИ** // Инв. № В 979436 – Харьков, 1980. – 132.
  14. **Draganescu, F.** Models of machine tool efficiency and specific consumed energy / **F.Draganescu, M. Gheorghe, C.V. Doicin** // *Journal of Materials Processing Technology*. – 2003. – Vol.141. – P. 9 –15. – doi: 10.1016/S0924-0136(02)00930-5.
  15. **Ламнауэр, Н. Ю.** Модель поля рассеивания погрешности геометрической формы и ошибки взаимного положения поверхностей / **Н.Ю. Ламнауэр, Р.М. Триш** // *Вісник Національного технічного університету "ХПІ"*. – Харків: НТУ "ХПІ". – 2004. – №44. – С.106-110. – doi:10.20998/2413-4295.2004.04.05.
  16. **Кузнецова, Т. И.** О гашении автоколебаний при глубоком сверлении [Текст] / **Т. И. Кузнецова, Б. Г. Макаров, Б. А. Немцев** // *Межвузовский сб.: Колебания и устойчивость механических систем*. Вып. 5/Под ред. Н. Н. Поляхова. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1981. – С. 114-118.
  17. **Подураев, В. Н.** О влиянии скорости резания на уводы при глубоком сверлении/ [Текст] // **В. Н. Подураев, А. А. Суворов, А. А. Барзов** // *Изв. Вузов: «Машиностроение»*. – 1976. – № 1. – С. 182-184.
  6. **Cong, W. L., Xiatian, Z., Deines, T. W.** Rotary ultrasonic machining of carbon fiber reinforced plastic composites: An experimental study on cutting temperature. *Journal of reinforced plastics and composites*., 2012, **22**, 31, 1516-1525.
  7. **Ettinger, W. J., Bartky, W.** Basis for Determining Manufacturing Tolerances. *The Machinist*, 1936, **80**, **36**, 23-28.
  8. **Guginin, V. P., Oborsky, G. O.** Metrologichne zabezpechennya ta povirka zaobiv vimirjuvalnoy tehniki fizichnikh magnitud. *Science and Technology*, 2011, **220**.
  9. **Luginin, O. S.** Statistics.: Textbook. Center for Educational Literature, 2007, 608.
  10. **Pashchenko, E. A., Chepela, V. A., Latyshev, N. V.** Investigation of the factors determining the accuracy of machining of parts on aggregate machine tools of CPE. Report on research. Inv. No. 02840041668. - Kharkov, 1983, 90 .
  11. **Arpent'ev, B. M., Lamnauer, N. Yu.** Assessment of the quality of assembly of compounds by the beat criterion. *Bulletine of NTU "KhPI"*, 2005, **9**, 48-54, doi: 10.20998/2413-4295.2005.10.09.
  12. **Anuryev, V. I., Zhestkova, I. N.** Handbook of the constructor-machine builder. 8 th ed., Revised. and additional. 2., Mechanical Engineering, 2001, 912 .
  13. **Pashchenko, E. A., Chepela, V. A., Latyshev, N. V.** Study of the accuracy of machining of parts on aggregate machines using various technological schemes. Report on research. B 979436. Kharkov, 1980, 132.
  14. **Draganescu, F., Gheorghe, M., Doicin, C. V.** Models of machine tool efficiency and specific consumed. *Journal of Materials Processing Technology*, 2003, **141**, 9 –15, doi: 10.1016/S0924-0136(02)00930-5.
  15. **Lamnauer, N. Yu., Trisch, R. M.** Model of the field of dispersion of error of geometric shape and error of mutual position of surfaces. *Bulletine of the National Technical University "KhPI"*. – Kharkov: NTU "KhPI", 2004, **44**, 106-110, doi: 10.20998 / 2413-4295.2004.04.05.
  16. **Kuznetsova, T. I., Makarov, B. G., Nemtsev, B. A.** On suppression of autooscillations during deep drilling. *Interuniversity collection: Oscillations and stability of mechanical systems*. Issue. 5 / Ed. N. N. Polyakhova. - Leningrad: Publishing House of Leningrad State University, 1981, 114-118.
  17. **Poduraev, V. N. , Suvorov, A. A, Barzov A. A.** On the influence of the cutting speed on drifts during deep drilling. *Izv. Universities:Mechanical Engineering*, 1976, **1** ,182-184.

#### Bibliography (transliterated)

#### Сведения об авторах (About authors)

**Бурдейна Виктория Михайлівна** - Українська інженерно-педагогічна академія, доцент кафедри Охорони праці, стандартизації та сертифікації; м. Харків, Україна; e-mail: zamorskavika@ukr.net.

**Vyktozia Burdeina** – Ukrainian engineering - pedagogical Academy, docent of the Department of labor Protection, standardization and certification; Kharkov, Ukraine; e-mail: zamorskavika@ukr.net.

**Артюх Світлана Миколаївна**- Українська інженерно-педагогічна академія, доцент кафедри Охорони праці, стандартизації та сертифікації; м. Харків, Україна; e-mail: zamorskavika@ukr.net.

**Svetlana Artyuh** - Ukrainian engineering - pedagogical Academy, docent of the Department of labor Protection, standardization and certification; Kharkov, Ukraine; e-mail: zamorskavika@ukr.net.

*Будь ласка, посилайтесь на цю статтю наступним чином:*

**Бурдейна, В. М.** Основні особливості оптимізації розмірів координованих отворів при різних видах обробки / **В. М. Бурдейна, С. М. Артюх** // Вісник НТУ «ХПІ», Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2018. – № 16 (1292). – С. 16-21. – doi:10.20998/2413-4295.2018.16.03.

*Please cite this article as:*

**Burdeina, V., Artyuh, S.** The main features of optimizing the sizes of coordinated holes for different types of processing. *Bulletin of NTU "KhPI". Series: New solutions in modern technologies.* – Kharkiv: NTU "KhPI", 2018, **16** (1292), 16-21, doi:10.20998/2413-4295.2018.16.03.

*Пожалуйста, ссылайтесь на эту статью следующим образом:*

**Бурдейная, В. М.** Основные особенности оптимизации размеров координированных отверстий при различных видах обработки / **В. М. Бурдейная, С. Н. Артюх** // Вестник НТУ «ХПИ», Серия: Новые решения в современных технологиях. – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2018. – № 16 (1292). – С. 16-21. – doi:10.20998/2413-4295.2018.16.03.

**АННОТАЦИЯ** Определена функциональная зависимость размеров полей рассеяния от базы и позиционных отклонения осей с учетом удельных факторов. Рассмотрены предложенные зависимости для определения полей рассеяния размера от базы и позиционного отклонения при обработке отверстий в системах без направления режущего инструмента. Рассмотрены статистические характеристики распределения процесса обработки отверстий сверлением в системах без направления от базовой поверхности до оси отверстия и расположение осей отверстий. Предложенные нормативные данные для разработки проекта стандарта качества взаимозаменяемости размеров координированных отверстий. **Ключевые слова:** отклонения; характеристика; координированные отверстия; взаимозаменяемость; фактор; режущий инструмент.

*Поступила (received) 01.05.2018*